



Korespondenční Seminář Inspirovaný Chemickou Tematikou

Ročník 6 (2007/2008)

Série 4 – řešení



Korespondenční seminář probíhá pod záštitou
Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy
Hlavova 2030, 128 43 Praha 2
a je podporován v rámci Rozvojového projektu
C10-2b/2008

Drahé ksicht'ačky, draží ksicht'áci!

Poslední sešitek z letošního KSICHTu je tu. Všechny úlohy jsou již dopsány, všechna řešení opravena, všechny body uděleny. Nezbyvá než poblahopřát vítězům a udělat si srandu z poražených. (Tedy to možná raději ne. Zvláště pokud jsou silnější než vy a ví alespoň přibližně, kde bydlíte.) Ač drobně odlišná, i tato série obsahuje většinu věcí, na které jste zvyklí. Oblíbený zaječí komiks, ještě oblíbenější řešení úloh, či všemi milovaný úvodník.

Podstatné ovšem je, že po vás již nebude v tomto sešitě vyžadována žádná výraznější duševní aktivita. Nové úlohy totiž nejsou přítomny vůbec. Toť pozitivní stránka. Z mého pohledu druhou pozitivní stránkou téže stránky (pan Möbius by měl jistě radost) je, že díky absenci úloh nebudu muset svůj rozbujelý slohový projev dělit mezi část úvodní a část zaměřenou jejich popis. Mohu tedy s klidným srdcem vyhrazený prostor věnovat nesouvisejícímu textu.

Chtěl bych se proto s vámi poněkud netradičně rozloučit již takřka na začátku úvodníku a poděkovat vám všem za trpělivé a pečlivé vypracovávání našich úloh.

S těmi, kteří se přihlásili na KSICHTí soustředění, se uvidíme ještě osobně. Těm ostatním bych jménem celého autorského kolektivu chtěl popřát klidný konec školního roku a příjemné letní prázdniny.

Doufáme, že se i v příštím roce znovu všichni v plném počtu zúčastníte korespondenčního semináře inspirovaného chemickou tematikou.

KSICHTu zdar, chemii zvláště!

Honza Havlík

Stručný úvod do teorie jakostních čísel

Na žádost některých účastníků posledního KSICHTího výletu jsem se rozhodl v tomto úvodníku publikovat stručný úvod do nového slibného mezivědního oboru. Vrozená skromnost mi brání upozornit, že jako prvního mě napadlo spojit chemii s lingvistikou. Konkrétně tedy uplatnit pohled chemického názvosloví na všední věci kolem nás. Zajisté si ihned povšimnete mnoha ohromujících možností, který nám tento pohled otevírá. Podobně jako chemické prvky, i běžná slova mají svá „oxidační“ - jakostní čísla. Vedeni chemickou logikou ihned vytušíme, že některá budou více preferovaná, kdežto jiná jsou spíše exotičtější. Mnoho z nich je pro jazykovědu zatím zcela neznámo. Abychom trochu objasnili mlžné vody teorie, použijme příkladu. Vezměme si slovo voda. Voda má typická jakostní čísla vodný(1) ,vodnatý(2) a vodový(6). V těchto číslech se voda cítí, abych tak řekl, jako ryba ve vodě. Oproti tomu mnoho vodistých (7) slovních spojení známo doposud není.

Jak již samo pojmenování napovídá, velikost jakostního čísla určuje míru jeho intenzity, či kvality. Tedy jakost daného slova. Je však nutno mít na zřeteli, že hodnotu jakostního čísla je nutno brát v absolutní hodnotě! Tedy vysoké jakostní číslo slova smrad - smradový(6) - proto vyjadřuje například intenzivní nelibou vůni, spíše než libý počitek.

Díky existenci osmi jakostních čísel umožňuje tento systém vyjádřit i jemné nuance. Pokud budeme kupříkladu konjugovat vodu v různých jakostních (též někdy intenzitních) číslech s hovězím gulášem, dostaneme v prvním stádiu guláš vodný(1). Nízké jakostní číslo zatím zjevně gulášovou konzistenci nijak nenarušilo a vše je víceméně v pořádku. Pokud však budeme jakostní číslo vody postupně zvyšovat, obdržíme po krátké chvíli guláš vodnatý(2) a při intenzivním systematickém konjugování nakonec dospějeme k zcela vodovému(6) guláši, který je již jakostně zcela na jiné úrovni než guláš původní. Vyšší jakostní čísla, než je guláš vodový(6) nejsou v současné době známa. Chtěl bych však upozornit na intenzivní výzkum vodových gulášů ve většině jídelen a menz v ČR. Ve střednědobém časovém horizontu se proto nejspíše můžeme dočkat i gulášů vodičelých(8).

Závěrem bych chtěl podotknout, že tento text je pouze velmi letný nástin teorie jakostních čísel a z prostorových důvodů zde není možno zcela přednést i to málo, co je doposud v tomto oboru známo. Případně zájemce proto odkazují na patřičnou odbornou literaturu. (Pro německy mluvící doporučuji úzce zaměřenou *Spezielle Gütegradstheorie*, a poněkud obecnější *Algemeine Gütegradstheorie* profesora Wievebeina. V anglickém jazyce pak patří mezi nestárnoucí klasiku učebnice *Degrees of Quality – Basic and Advanced Lectures* od profesorů Howdishe a Yakbonea.)

Autorské řešení úloh 4. série**Úloha č. 1: Osmisměrka****(8 bodů)**

autor: Kateřina Holá

1. Názvy nádobí jsou uvedeny v tabulce 1.

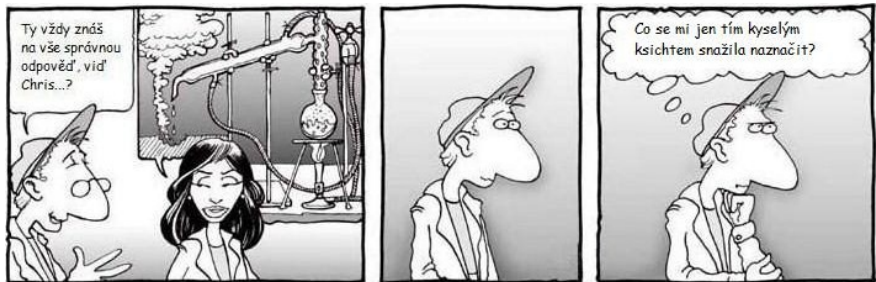
Číslo	Název	Číslo	Název
1	kyveta	21	titrační baňka
2	kapátko	22	kleště
3	zátka	23	Büchnerova nálevka
4	triangl	24	násypka
5	tlouček	25	slzovitá baňka
6	žihací kelímek	26	odměrný válec
7	kádinka	27	teploměr
8	Erlenmeyerova baňka	28	destilační baňka
9	odpařovací miska	29	varná baňka
10	třecí miska	30	frita
11	křížová svorka	31	odměrná baňka
12	sítka	32	Ostwaldova baňka
13	trojnožka	33	odsávací baňka
14	klema	34	promývačka
15	varný kruh	35	chladič
16	nálevka	36	byreta
17	pipeta	37	dělicí nálevka
18	alonž	38	stojan
19	bublačka	39	Bunsenův kahan
20	redukce	40	exsikátor

Tabulka 1: Názvy nádobí vyskytující se v osmisměrce

Za každé nádobí 0,15 bodu, celkem tedy 6 bodů.

2. Brýle a plášť jsou ty skryté pomůcky, bez kterých se žádný chemik v laboratoři neobejde.

3.



4. Nádobí je řazeno podle průměrné pořizovací ceny na českém trhu; byla uvažována plastová kyveta.
5. Na obrázku 1 byl zobrazen Liebigův chladič; jako další typy bylo možno uvést chladič kuličkový, spirálový, Dimrothův, prstový či Claisenův.
6. Exsikátory slouží k sušení termolabilních látek. Náplň exsikátoru pohlcuje páry rozpouštědla – nejčastěji vody. Běžně používané náplně jsou oxid fosforečný, chloristan hořečnatý, koncentrovaná kyselina sírová, silikagel, tuhý hydroxid draselný a bezvodý chlorid vápenatý.

Otázka 1 – 6 bodů, 2 – 0,3 bodu, 3 – 0,4 bodu, 4 – 0,4 bodu, 5 – 0,4 bodu a 6 – 0,5 bodu. Celkem 8 bodů.

Úloha č. 2: Demografie trochu jinak

(6 bodů)

autor: Václav Kubát, Radek Matuška

1. Hodnota Amedeovy konstanty je $k_A = 12345 \text{ homol}^{-1}$.
2. Homolární hmotnost spočteme jako součin hmotnosti jedné rodiny násobený Amedeovou konstantou, tedy $M_h = m_r \cdot k_A = 2962,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{homol}^{-1}$.
3. Jedna rodina představuje $h = 1/k_A = 8,100 \cdot 10^{-5} \text{ homol}$ a jeden člověk jakožto čtvrtina průměrné čtyřčlenné rodiny přesně čtvrtinu předchozí hodnoty, tedy $h = 2,025 \cdot 10^{-6} \text{ homol}$. Vzhledem k tomu, že lidí je čtyřikrát více než rodin, tak $h = 4N_{\text{rodin}}/k_A = 4 \text{ homol}$.
4. Homolární koncentrace obyvatel je dána jako $C_h = h/A$, což poskytuje výsledek $h = 4/650 = 6,15 \cdot 10^{-3} \text{ homol} \cdot \text{jitro}^{-1}$.
5. Počet homolů rodin ve městě je dán jako $h = N_{\text{rodin}}/k_A = 123456/12345 = 10 \text{ homol}$. Homolární hmotnost města se nezměnila. Každá rodina váží průměrně 240 kg a homol rodin tedy váží také stále stejně.

6. Rychlost přírůstku je dána jako poměr počtu přibylých demografických jednotek za jednotku času, tedy v matematickém jazyce vyjádřeno jako $v = \Delta N / \Delta t$. Za 604 let přibýlo ve městě 9 homolů, tedy $i = 9 \cdot 4 \cdot k_A = 36 \cdot 12345 = 444420$ lidí. Tedy rychlost přírůstku homolů je $v = 9/604 = 0,015$ homol \cdot rok⁻¹ a rychlost přírůstku lidí $v = 444420/604$, což poskytuje výsledek 735,8 člověk \cdot rok⁻¹.
7. Homolární koncentrace by byla dána opět jako $C_h = h/A$, což by poskytovalo výsledek $10/650 = 6,15 \cdot 10^{-2}$ homol \cdot jitr⁻¹. Rozdíl v homolárních koncentracích je tedy $6,15 \cdot 10^{-2} - 6,15 \cdot 10^{-3} = 5,535 \cdot 10^{-2}$ homol \cdot jitr⁻¹.
8. Prostým výpočtem zjistíme, že za oněch 604 let město zvětšilo rozlohu o $604 \cdot 9,685 = 5850$ jiter. Nová rozloha města je pak $A = 5850 + 650 = 6500$ jiter. Nová homolární koncentrace je obdobně jako už výše $C_h = 40/6500 = 6,15 \cdot 10^{-3}$ homol \cdot jitr⁻¹. Hustota obyvatel se v časovém horizontu 604 let nezměnila ani trochu, z čehož lze soudit, že město roste spíše do šířky než do výšky a pokud obyvatelé Avogarova nedělají zásadní změny v ekosystému, měla by krajina města vypadat podobně jako dříve.

Otázka 1 – 0,3 bodu, 2 – 0,4 bodu, 3 – 1,2 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,9 bodu, 6 – 1,2 bodu, 7 – 0,5 bodu a 8 – 1 bod. Celkem 6 bodů.

Úloha č. 3: Inkvizitorovo dilema

(8 bodů)

autorky: Eva Jeníčková, Jana Zikmundová

1.

rostlina	hlavní účinná látka	zařazení
kýchavice	veratramin	pseudoalkaloid
ocún	kolchicin	protoalkaloid
šalamounek (= oměj)	akonitin	pseudoalkaloid
vrba	salicin	glykosid
muchomůrka červená	kyselina ibotenová	aminokyselina
náprstník	kardenolidy, např. digoxin, digitoxin	glykosidy
medvědice	arbutin	fenolická látka
dobromysl	thymol	terpen

Za každou látku 0,1 b. a za její správné zařazení také 0,1 b. Celkem 1,6 b.

2.

kýchavice – prášek se používal na hubení šatních parazitů a vši

ocún – léčení dny

oměj – jed na velké predátory (třeba přemnožené vlky)

vrba – léčba zánětů, horečky a bolesti
muchomůrka červená – jak název napovídá, používala se k hubení much
náprstník – úprava srdeční činnosti
medvědice – desinfekce močových cest
dobromysl – koření (oregáno), usnadnění odkašlávání
Za každé možné použití 0,4 b. Celkem 3,2 b.

3.

nálev – droga se zalila horkou vodou a nechala se po určité době louhovat
odvar – droga se po danou dobu ve vodě vaří
sirup – koncentrovaný roztok cukru ve výluhu z drogy
macarát – ocasatý obojživelník ☺ (čtěte pozorně zadání!)
tinktura – alkoholový (převážně) extrakt
Za každý popis formy 0,2 b. Celkem 1 b.

4.

Epidemii způsobila paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*), neboli náměl, rostoucí hlavně na žitě. Obsažené alkaloidy způsobují onemocnění zvané ergotismus, který má dvě formy – konvulzivní a gangrenózní. První se projevuje křečemi, průjmy, nevolností a později i halucinacemi a psychózami. Gangrenózní forma je způsobena vazokonstriktivními účinky alkaloidů (proto se také náměl používal na zastavování krvácení) hlavně v končetinách. Dále se projevuje bolestí svalů nebo střídavými pocity tepla a chladu. U těžkých forem může dojít až k nekróze a ztrátě končetin. Gangrenózní forma se nazývala oheň svatého Antonína.

Za určení námělu 0,4 b., za každou formu 0,2 b. a příznaky 0,2 b. Celkem 1,2 b.

5.

Všechny přípravky nalezené u babky Šruchy se daly použít i neškodným způsobem, tudíž by mohla být propuštěna. Otázkou je, jak moc byl inkvizitor zběhlý v bylinkářství a jestli nebylo nadšení bratra Justýna nakažlivé.
1 bod

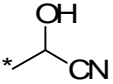
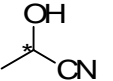
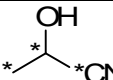
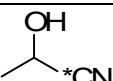
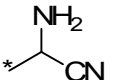
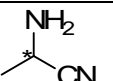
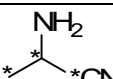
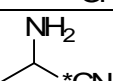
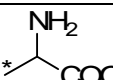
Otázka 1 – 1,6 bodu, 2 – 3,2 bodu, 3 – 1 bod, 4 – 1,2 bodu, 5 - 1 bod. Celkem 8 bodů.

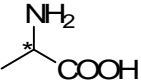
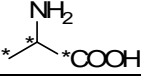
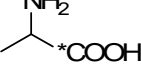
Úloha č. 4: Radioaktivní syntéza II

(12 bodů)

autor: Pavel Řezanka

1.

Látka	Vzorec	Název
A	H*COOH	methanová kyselina
B	*CH ₃ OH	methanol
C	*CH ₃ Br	methylbromid
D ₁	*CH ₃ CN	nitril ethanové kyseliny
D ₂	CH ₃ *CN	
D ₃	*CH ₃ *CN	
E ₁	*CH ₃ CHO	ethanal
E ₂	CH ₃ *CHO	
E ₃	*CH ₃ *CHO	
F ₁		nitril 2-hydroxypropanové kyseliny
F ₂		
F ₃		
F ₄		
G ₁		nitril 2-aminopropanové kyseliny
G ₂		
G ₃		
G ₄		
H ₁		2-aminopropanová kyselina, alanin

H ₂		
H ₃		
H ₄		

- Chirální jsou látky **F**, **G** a **H**, pro každou látku existují 2 enantiomery. Chirální je vždy prostřední atom uhlíku v uhlovodíkovém řetězci.
- Alanin je aminokyselina.
- Streckerova syntéza.
- Rozlišit jednotlivé izotopicky značené sloučeniny lze například pomocí ¹³C-NMR (signál od ¹³C bude mít mnohonásobně vyšší intenzitu) nebo IR (vlnová délka vibrace jednotlivých vazeb je závislá na hmotnosti).
- Nejprve je třeba spočítat celkový čas a celkový výtěžek pro jednotlivé postupy:

$$t_A = 114 \text{ minut}, t_B = 48 \text{ minut}, \eta_A = 68,4 \%, \eta_B = 7,7 \%$$

Pak je potřeba dosadit do rovnice pro kinetiku prvního řádu (2), do které dosadíme rychlostní konstantu vypočtenou z rovnice (3) a získáme tak množství *C.

$$n_A = 0,0208 \text{ mol}, n_B = 0,196 \text{ mol},$$

K získání celkové výtěžnosti je třeba množství *C vynásobit výtěžností:

$$n_A = \mathbf{0,0142 \text{ mol}}, n_B = \mathbf{0,0151 \text{ mol}}$$

Výhodnější je tedy postup B.

Otázka 1 – 6 bodů, 2 – 1 bod, 3 – 0,2 bodu, 4 – 0,5 bodu, 5 – 0,8 bod a 6 – 3,5 bodu. Celkem 12 bodů.

Úloha č. 5: Atomic Bomberman

(16 bodů)

autor: Karel Berka

1. S rostoucí rychlostí – neexplozivní hoření, deflagrace a detonace.

Za správné pořadí 1 bod.

2. Při oxidaci střelivin nejčastěji dochází k deflagraci.

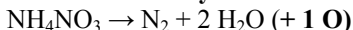
Za určení 0,5 bodu.

3. Detonace se dá docílit slisováním střeliviny. Naopak neexplozivního hoření lze docílit přidáním stabilizačních látek do střeliviny.

Za určení každého způsobu po 0,5 bodu, celkem 1 bod.

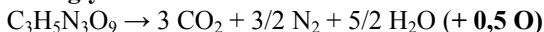
4. Pro určení kyslíkových poměrů je zapotřebí si napsat rovnici dokonalého spalování a z ní určit, kolik kyslíků je navíc, či jestli nějaké chybí. Kyslíkový poměr Ω je pak určen jako poměr molárních hmotností těchto kyslíků a molární hmotnosti výbušniny:

Dusičnan amonný



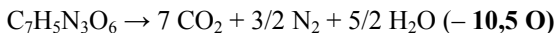
$$\Omega = \frac{+1 \cdot 16}{80} = +0,200$$

Nitroglycerin



$$\Omega = \frac{+0,5 \cdot 16}{227} = +0,035$$

Trinitrotoluen



$$\Omega = \frac{-10,5 \cdot 16}{227} = -0,740$$

Za každou látku po 0,5 bodech, celkem 1,5 bodu.

5. Aby se docílilo největší účinnosti výbušnosti, je nejlepší, když má směs kyslíkový poměr rovný nule:

$$0 = w_{\text{TNT}} \Omega_{\text{TNT}} + w_{\text{NO}_3} \Omega_{\text{NO}_3} \quad (4)$$

kde w označuje hmotnostní zlomek výbušniny a Ω její kyslíkový poměr. Protože jde o dvousložkovou směs, dá se rovnice (4) upravit tak, abychom získali hmotnostní zlomek pro TNT a pro dusičnan amonný (NO₃):

$$w_{\text{TNT}} = \frac{\Omega_{\text{NO}_3}}{\Omega_{\text{NO}_3} - \Omega_{\text{TNT}}} = \frac{0,200}{0,200 - (-0,740)} = \underline{\underline{0,213}} \quad (5)$$

$$w_{\text{NO}_3} = 1 - w_{\text{TNT}} = \underline{\underline{0,787}} \quad (6)$$

Molární zlomek získáme buď přepočtem z hmotnostních zlomků, nebo z úvahy, že 1 mol TNT potřebuje 10,5 kyslíků a dusičnan poskytuje 1 kyslík:

$$x_{\text{TNT}} = \frac{n(\text{O})_{\text{proTNT}}}{n(\text{O})_{\text{proTNT}} + n(\text{O})_{\text{proNH}_4\text{NO}_3}} = \frac{1}{10,5 + 1} = \underline{\underline{0,087}} \quad (7)$$

$$x_{\text{NO}_3} = 1 - x_{\text{TNT}} = \underline{\underline{0,913}} \quad (8)$$

Za určení jednotlivých zlomků po 0,25 bodech, celkem 1 bod.

6. Začneme rovnicí:



tj. vznikne 7,25x více látkového množství plynů, než bylo původního nitroglycerinu (NG). Látkové množství vzniklých plynů tedy je:

$$n_{\text{plyny}} = 7,25 \cdot n_{\text{NG}} = 7,25 \cdot \frac{m_{\text{NG}}}{M_{\text{NG}}} = 7,25 \cdot \frac{1,00}{227} = \underline{\underline{31,9 \text{ mmol}}} \quad (10)$$

Objem zjistíme dosazením látkového množství vzniklých plynů do stavové rovnice ideálního plynu se známou teplotou a tlakem:

$$V_{\text{plyny}} = \frac{n_{\text{plyny}} \cdot RT}{p} = \frac{0,0319 \cdot 8,314 \cdot 298,15}{101325} = 7,81 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 = \underline{\underline{781 \text{ ml}}} \quad (11)$$

Vznikne tedy cca 781 ml plynů. Pro zajímavost uvádím, že nitroglycerin zaujímal cca 0,63 ml.

Za určení látkového množství 1 bod, za určení objemu 1 bod, celkem 2 body.

7. Výbuch nitroglycerinu uvolnil reakční teplo¹, které můžeme vypočítat jako rozdíl slučovacích entalpií mezi produkty a reaktanty:

¹ Používáme standardní termodynamickou konvenci, tj. vše, co systém vyprodukuje má minusové znaménko a vše, co systém přijme má znaménko kladné.

$$\Delta_r H^0 = \sum \nu_{\text{prod}} \Delta_f H^0_{\text{prod}} - \sum \nu_{\text{reakt}} \Delta_f H^0_{\text{reakt}} \quad (12)$$

kde Σ je součet všech produktů, či reaktantů a ν jsou jejich stechiometrické koeficienty.

$$\Delta_r H^0_{\text{NG}} = 3 \cdot (-393,5) + 3/2 \cdot 0 + 5/2 \cdot (-241,83) + 0,25 \cdot 0 - [1 \cdot (-364)] = -1421 \text{ kJ/mol} \quad (13)$$

$$Q_{\text{NG}} = -\Delta H_{\text{NG}} = -n_{\text{NG}} \cdot \Delta_r H^0_{\text{NG}} = \frac{1,00}{227} \cdot 1421 = \underline{\underline{6,26 \text{ kJ}}} \quad (14)$$

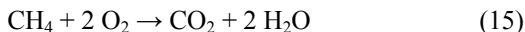
Výbuchem tedy vznikne energie, která by měla stačit na zvednutí 2,5 kg knihy (třeba Atkins - Physical Chemistry) do výše zhruba 250 m, ale ve skutečnosti se ho většina použije na ohřátí vzniklých plynů a jejich objemovou expanzní práci.

Za určení energie 1 bod.

8. Pod spodním výbušným limitem (LEL) je směs příliš chudá a není v ní dostatek paliva k propagaci oxidace. Naopak nad horním výbušným limitem (UEL) je zase směs příliš bohatá a není v ní dostatek kyslíku.

Za určení důvodu nehořlavosti pro každý limit po 0,5 bodu, celkem 1 bod.

9. Opět začneme rovnicí, abychom si nejprve zjistili, jaká jsou stechiometrická množství při spalování methanu:



Ke spálení 1 molu methanu tedy potřebujeme 2 moly kyslíku.

Methan má meze hořlavosti $\Phi = 0,5 - 1,6$; přičemž jde o poměr methanu ke kyslíku oproti ideálnímu stechiometrickému poměru obou látek. Nás zajímá spíše spodní hranice, neboť právě k ní se postupně obohatí vzduch methanem v nešťastné kuchyni. Zápalná je hranice, kdy je ve vzduchu poměr:



Spalování bude dokonalé, neboť je ve vzduchu větší podíl kyslíku, než by bylo potřeba.

Kuchyně má objem $4 \times 4 \times 2,5 \text{ m}$, tedy 40 m^3 . Vzduch obsahuje 21 mol.%, takže kuchyně obsahuje látkové množství kyslíku:

$$n_{\text{O}_2} = x_{\text{O}_2} \cdot n_{\text{vzduch}} = x_{\text{O}_2} \frac{pV}{RT} = 0,21 \cdot \frac{101325 \cdot 40}{8,314 \cdot 298,25} = 0,21 \cdot 1635 = 343,4 \text{ mol O}_2 \quad (17)$$

Potřebné látkové množství methanu získáme pomocí kombinace rovnic (16) a (17):

$$n_{\text{CH}_4} = n_{\text{O}} : 4 = 343,4 : 4 = 85,8 \text{ mol CH}_4 \quad (18)$$

Přísun methanu do kuchyně je 100 g/hod, takže do kuchyně přibývá 6,25 mol methanu za hodinu. Spodního výbušného limitu dosáhne methan v kuchyni za:

$$t = n/v = 85,8/6,25 = \underline{\underline{13,7 \text{ hod}}} \quad (19)$$

Za výpočet 1,5 bodu, za výsledek 0,5 bodu, celkem 2 body.

10. Nejprve si spočítáme, jestli uvolňování methanu samo o sobě nevytvoří tlak, který by vyrazil okna či dveře. Dveře snesou stabilní rozdíl tlaků 1 atm a okna pouze 0,1 atm. V předchozí otázce jsme si vypočítali, že se pro dosažení spodního výbušného limitu muselo uvolnit 85,8 mol methanu do 1635 molu vzduchu při 1 atm. Vypočítáme si, jak se zvýšil tlak v kuchyni:

$$p_2 = \frac{n_{\text{celk}}RT}{V} = \frac{(1635 + 85,8) \cdot 8,314 \cdot 298,15}{40} = 106642 \text{ Pa} = \underline{\underline{1,052 \text{ atm}}} \quad (20)$$

Protože k nárůstu tlaku docházelo postupně, dveře i okna to vydrží. Ale co v případě výbuchu?

V prvním přiblížení se budeme tvářit, že výbuch nevytvořil žádné teplo. Jak se změní tlak oproti předchozímu stavu? Podíváme-li se na rovnici (15), zjistíme, že nijak. Ze 3 molů plynných reaktantů vznikají 3 moly plynných produktů. Ovšem výbuch se šíří a tím vzniká tlaková vlna. Ta narazí na pevné překážky jako jsou dveře i okna. Ty, jak víme, vydrží nárazově 10x menší tlak. Dveře tedy snesou rozdíl 0,1 atm a vydrží. Ale okna snesou pouze 0,01 atm a jsou vyražena už tlakovou vlnou. Ale opravdu to dveře vydrží?

Výbuchem methanu se uvolní energie, která se využije na zvýšení tlaku a teploty plynů. Vypočítáme si ji pomocí rovnic (12) a (15):

$$\Delta_r H_{\text{CH}_4}^0 = 1 \cdot (-393,5) + 2 \cdot (-241,83) - [1 \cdot (-74,87) + 2 \cdot 0] = -802,29 \text{ kJ/mol} \quad (21)$$

$$\Delta H_{\text{kuchyň}}^0 = n_{\text{CH}_4} \cdot \Delta_r H_{\text{CH}_4}^0 = 85,8 \cdot (-802,29) = -68,836 \text{ MJ} \quad (22)$$

Vyprodukované teplo se rozděluje do ohřevu a expanze. Využijeme plného rozvoje entalpie:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) = \Delta U + \Delta pV + p\Delta V + \Delta p\Delta V, \quad (23)$$

kde ΔU je změna vnitřní energie související s ohřevem a další členy odpovídají energii, která je zapotřebí k zvýšení tlaku při konstantním objemu, zvýšení objemu při konstantním tlaku, či současného zvyšování obou veličin.

Pokud budeme předpokládat, že máme k dispozici pouze objem kuchyně, odpadnou nám členy obsahující změny objemu a můžeme členy rozvinout:

$$\Delta H_{\text{kuchyň}}^0 = \Delta U + \Delta pV = -C_v(\text{vzduch}) \cdot n_{\text{plyny}} \cdot \Delta T + \Delta pV_{\text{kuchyň}} \quad (24)$$

$$\Delta p = \frac{\Delta H_{\text{kuchyň}}^0 + C_v(\text{vzduch}) \cdot n_{\text{plyny}} \cdot \Delta T}{V_{\text{kuchyň}}} = \frac{-68,836 \cdot 10^6 + 1720,8 \cdot 20,85 \cdot 1000}{40} = \quad (25)$$

$$\Delta p = -823933 \text{ Pa} = \underline{\underline{-8,13 \text{ atm}}} \quad (26)$$

Tlak se zvýšil o 8,13 atm. Takže termický výbuch methanu by ani dveře nevydržely. Nicméně, pokud by se výbuchem otevřelo okno, tak by se nedaly zanedbat členy obsahující změnu objemu a tlak poklesne. Pokud by tedy sporák² stál u okna, možná by měly dveře přece jen nějakou šanci.

Za výpočet jednotlivých případů po 1 bodě, celkem 3 body.

11. Bombu ze suchého ledu lze vyrobit pomocí pevné vzduchotěsné nádoby, třeba PET lahve, do které se nasype suchý led a nádobu uzavře. Suchý led se postupně zahřívá a odpařuje, přičemž v nádobě roste tlak. Tlak roste až do chvíle, kdy nádoba tlak nevydrží a vybuchne. Chemické stopy po suchém ledu žádné nebudou. Zato mechanických úlomků původní nádoby a dalších znaků výbuchu bude spousta. Pro urychlení se dá do nádoby předem nalít teplá voda.

Za design bomby 0,5 bodu, za určení následků 1 bod, celkem 1,5 bodu.

12. Nic moc se nezmění. Jen se místo nasypání pevného ledu nalije do nádoby kapalný dusík, který se bude při normální teplotě odpařovat. K explozi dojde ve chvíli, kdy bude tlak plynného dusíku větší, než nádoba snese. Mimochodem, kapalný dusík i suchý led se kvůli riziku výbuchu uchovávají v otevřených nádobách.

Za určení rozdílu 0,5 bodu.

Otázka 1 – 1 bod, 2 – 0,5 bodu, 3 – 1 bod, 4 – 1,5 bodu, 5 – 1 bod, 6 – 2 body, 7 – 1 bod, 8 – 1 bod, 9 – 2 body, 10 – 3 body, 11 – 1,5 bodu a 12 – 0,5 bodu. Celkem 16 bodů.

² Respektive iniciátor výbuchu.

Zajíček chemik

